

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung der DBG,
Gemeinsame Posterausstellung der Kommissionen IV und II

Titel der Tagung:

Unsere Böden – Unser Leben

Veranstalter:

DBG

Termin und Ort der Tagung:

05.-10.09.15, München

Berichte der DBG (nicht begutachtete online-Publikation), <http://www.dbges.de>

***In-situ*-Messung von Nitrat im Boden zur Erfassung der zeitlichen Dynamik und zur Düngesteuerung im Gemüsebau (NITROM)**

Wolf-Anno Bischoff¹, Stephan Mayer^{1,2},
Torsten Müller²

Schlüsselworte

NITROM, Nitrat-Online-Messsystem, Nitrat, Düngung, Nitratauswaschung, Nitratdynamik, Stickstoffverluste, N_{min} , *in-situ*-Methode, Feldmethode, UV-Messung

Einführung

Stickstoff ist, besonders in Form von Nitrat, eines der wichtigsten Nährelemente für Pflanzen. Bei einem Überangebot kann das leicht lösliche Anion jedoch schnell ausgewaschen werden. Im intensiven Gemüsebau werden Auswaschungsraten von $400 \text{ kg NO}_3\text{-N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ oft überschritten (Ramos et al., 2002), was u.a. zu Problemen im Grundwasserschutz führt.

Feldmethoden für die Nitratbestimmung im Boden (z.B. N_{min} -Methode) sind je nach Methode unpräzise (Kmecl et al., 2005), fehleranfällig und/oder zeitaufwendig (Roth et al., 1991; Hartz et al., 1993). Oft liefern sie Ergebnisse zeitverzögert, so dass auf den ak-

tuellen N-Bedarf einer Kultur nicht schnell genug reagiert werden kann und Mangelerscheinungen an den Pflanzen sichtbar werden (Ehsani et al., 1999). Des Weiteren werden oft chemische und toxische Reagenzien benötigt (Hartz, 1994). Auch ist die Nachweisgrenze gängiger Feldmethoden meist zu gering ($< 100 \text{ mg L}^{-1}$).

Es existiert bisher noch keine Feldmethode zur *in-situ*-Bestimmung der Nitratkonzentration in der Bodenlösung.

Ziel: Entwicklung einer neuen Feldmethode

Mit einer neuen Methode soll die Nitratkonzentration im Feld direkt in der Bodenlösung und ohne Einsatz von Reagenzien fortlaufend bestimmt werden können. Auf Grundlage dieser Daten soll ein vollautomatisches Fertigationssystem gesteuert werden. Somit kann zu jedem Zeitpunkt auf den Stickstoffbedarf einer Kultur reagiert werden.

Aufbau, Validierung und Messergebnisse

Mit dem neu entwickelten *NITRat*-Online-Messsystem (NITROM) wird Nitrat *in-situ* in der Bodenlösung kontinuierlich spektralphotometrisch bestimmt.

Das NITROM besteht aus einer Messkomponente (Abbildung 1) und einer Düngesteuerungskomponente (Abbildung 2).

Über eine oder mehrere Saugkerzen wird Bodenlösung angesaugt und in die Messzelle geleitet (Abbildung 1). Durch die Messung der Absorption unterschiedlicher Wellenlängen im UV-Bereich wird die Nitratkonzentration quantifiziert. Mögliche Interferenzen (z.B. durch DOC) werden anhand von Referenzwellenlängen eliminiert. Die Daten der Absorptionmessung werden kabellos auf einen zentralen Server übertragen, in dem die Auswertung und Berechnung der Nitratkonzentration stattfindet. Die aktuellen Nitratkonzentrationen werden dort mit einer Datenbank abgeglichen, in der der N-Bedarf von Gemüsekulturen zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien hinterlegt ist. Auf Grundlage dieser Daten kann die Düngekomponente (Abbildung 2) gesteuert werden, die in ein bestehendes Bewässerungssystem (Tröpfchenbewässerung) integriert werden kann.

¹ Gutachterbüro TerraAquat,
Schellingstr. 43, 72622 Nürtingen,
e-mail: w.bischoff@terraquat.com

² Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet: Düngung mit Bodensteinhaushalt (340i), Fruwirthstr. 20, 70593 Stuttgart

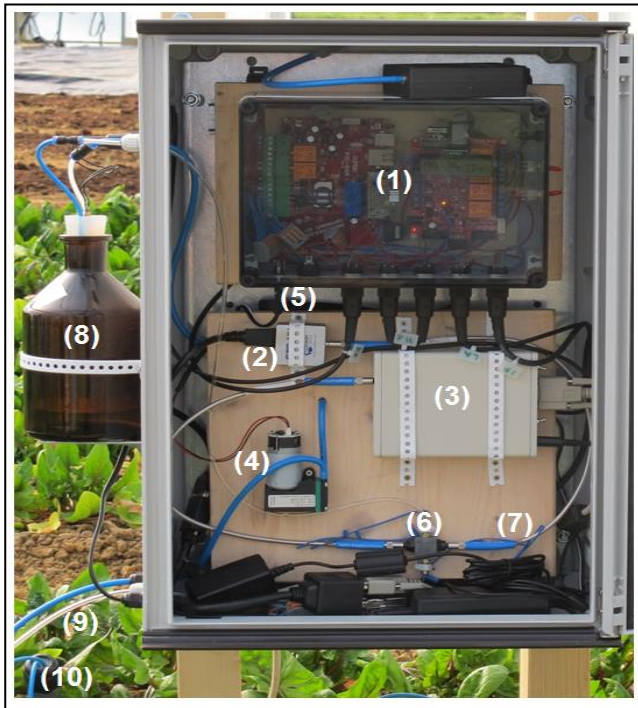


Abbildung 1: Messkomponente im Detail: Mikrocontroller (1), Spektrometer (2), Xenonlichtquelle (3), Minivakuumpumpe (4), Drucksensor (5, hinter Holzbrett), Messzelle (6), Lichtleitfasern (7), Sammelflasche mit Füllstandsmelder (8), Schlauch zur Saugkerze (9), Saugkerze (10)

Zum Überprüfen der Kalibrierung wurde in einem Gewächshausversuch die Nitratkonzentration in der entnommenen Bodenlösung einerseits mit dem NITROM quantifiziert („Prognosewerte“ in Abbildung 3). Hierzu wurde eine Multiple Lineare Regression (MLR) durchgeführt. Als Referenzmessung wurde die Nitratkonzentration mit einem AutoAnalyzer 3 (Seal Analytical) bestimmt („Beobachtete Werte“). Abbildung 3 zeigt, dass der Fehler der Kalibrierdaten mit 17 % nur wenig kleiner ist als derjenige der Validierung mit 20 bzw. 31 %.

In einem mehrmonatigen Gewächshausversuch wurde Paprika in einer Parzelle herkömmlich mit dem Dosatron gedüngt, in einer anderen Parzelle erfolgte die Düngung anhand der mit dem NITROM gemessenen Nitratkonzentrationen (Abbildung 4). Durch die kontinuierliche Überwachung der Nitratkonzentration in der Bodenlösung konnte der Düngeaufwand von 125 auf 80 kg N ha⁻¹ reduziert werden.

Abbildung 5 zeigt ein mehrwöchiges Messintervall mit dem NITROM mit halbstündiger Auflösung in Spinat. Die gemessenen Kon-

zentrationen wurden in Vorräte umgerechnet. Deutlich zu erkennen ist die zeitlich versetzte Zunahme der Nitratvorräte nach den einzelnen Düngungen.

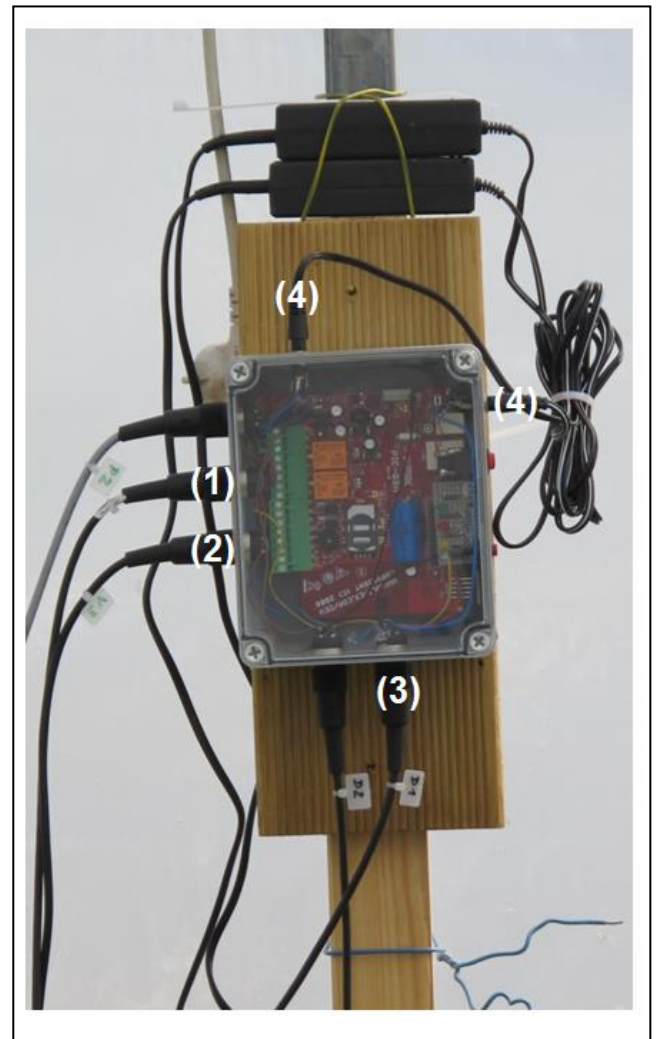


Abbildung 2: Mikrocontroller der Düngekomponente im Detail: Anschlüsse für Ventile (1), Durchflusssensoren (2), Düngepumpe (3) und 12 V-Netzstecker (4)

Fazit

Der Prototyp des NITROM wurde in verschiedenen Labor-, Gewächshaus- und Freilandversuchen erfolgreich eingesetzt. Eine Kalibrierung mit einem Multiwellenlängenansatz und die anschließende Validierung waren erfolgreich. Die Messungen können auch über lange Zeitintervalle mit einer hohen zeitlichen Auflösung, z.B. halbstündig, durchgeführt werden. Durch den Einsatz des NITROM konnte in einem Gewächshausversuch die Düngemenge in Paprika von 125 auf 80 kg N ha⁻¹ deutlich reduziert werden, so dass diese neue vollautomatische Methode sich eignet, die N-Überschüsse im intensiven Gemüsebau deutlich zu reduzieren.

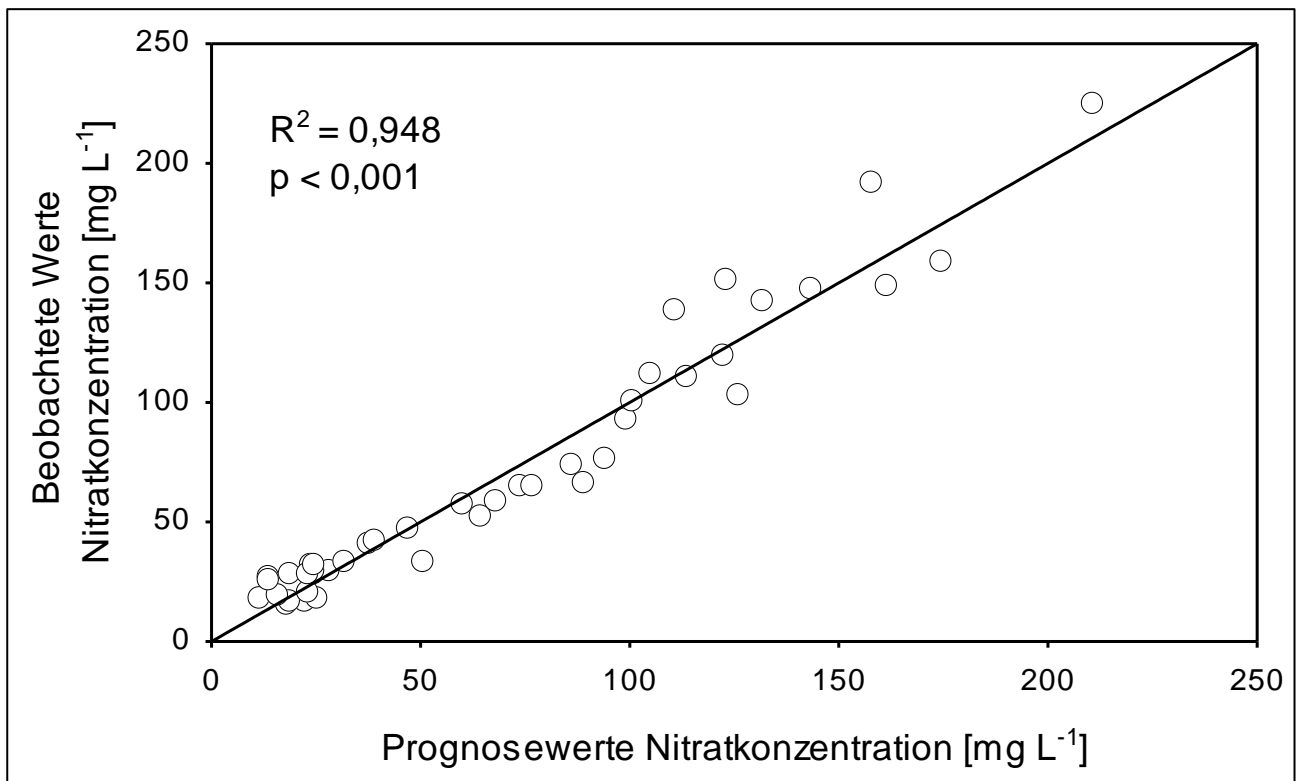


Abbildung 3: Multiple Lineare Regression: Plot der Prognosewerte gegen beobachtete Werte der Nitratkonzentration mit den Daten eines Gewächshausversuchs ($n = 43$); Fehler der Kalibrierung: 17 % ($n = 30$); Fehler der Validierung 20 % ($n=12$) / 31 % ($n=13$)

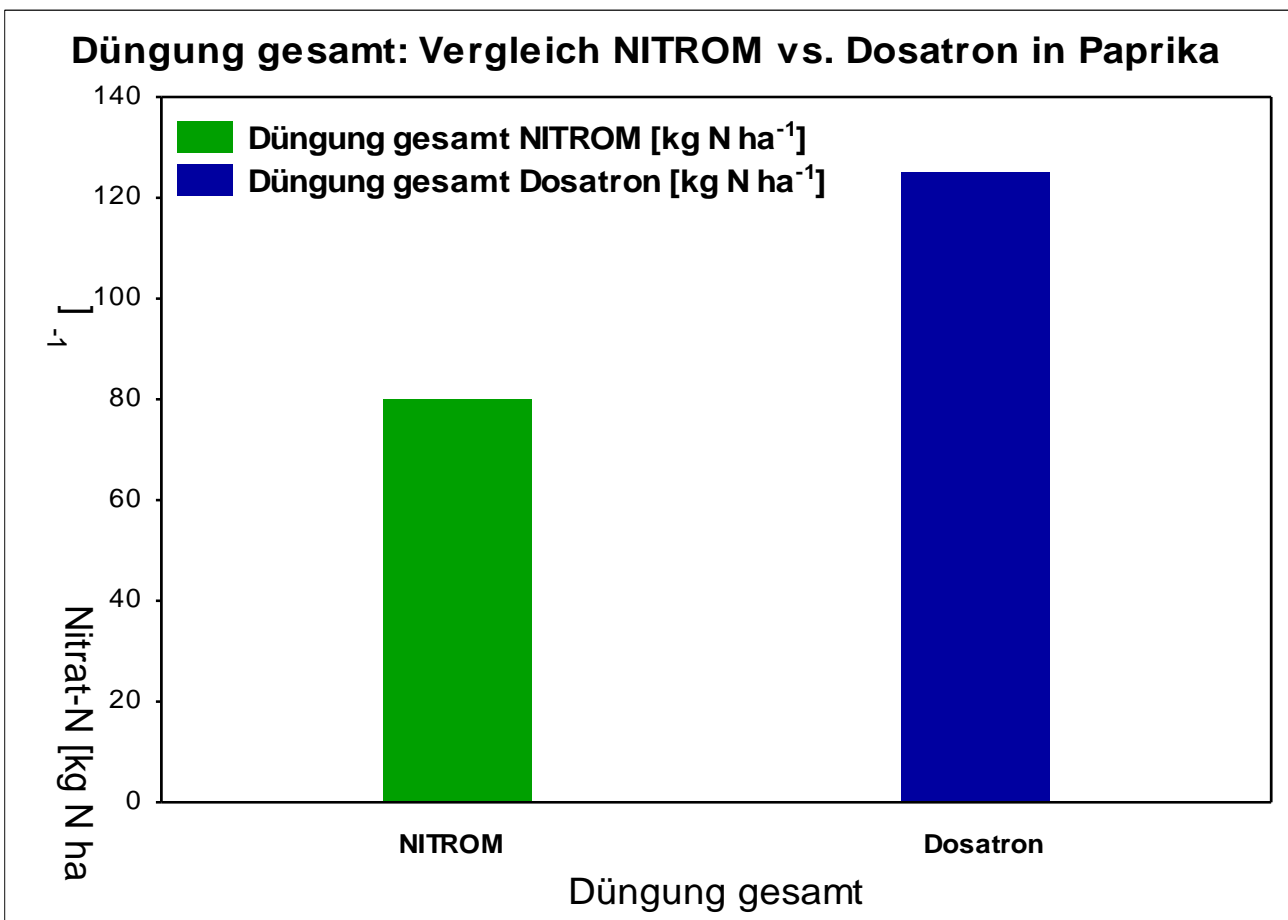


Abbildung 4: Dängereinsparung in Gewächshausversuch

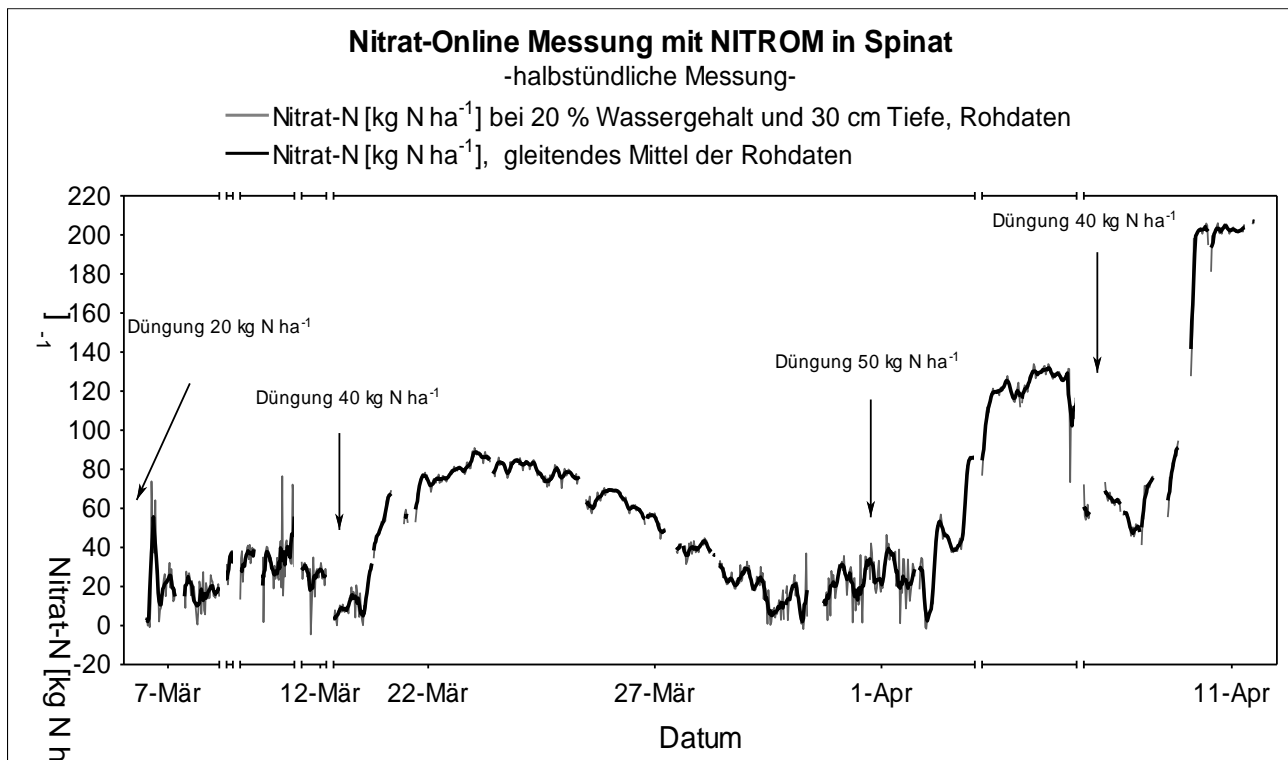


Abbildung 5: Dauermessung über einen Monat mit 4 Düngegaben, Konzentrationen in Vorräte umgerechnet

Ausblick

Während beim bisher verwendeten NITROM die Datenübertragung via Kabel erfolgte, wird im Nachfolger (NITROM II) eine Datenfernübertragung über GPRS umgesetzt.

Bisher wird die Referenzwellenlänge lediglich genutzt, um Interferenzen durch gelösten organischen Kohlenstoff (DOC) zu eliminieren. Künftig soll auch eine Quantifizierung der DOC-Konzentrationen in der Bodenlösung möglich sein.

Dank

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die finanzielle Unterstützung dieses Projektes (Förderkennzeichen: 28293-34).

Das NITROM ist als Gebrauchsmuster unter der Nummer 20 2015 000 747 geschützt (N-Düngesteuerung mittels in-situ Nitrat-Messung, Bedarfsberechnung und N-Dosiereinheit).

Literatur

Ehsani, M. R., S. K. Upadhyaya, D. Slaughter, S. Shafii, M. Pelletier (1999): A NIR Technique for Rapid Determination of Soil Mineral Nitrogen. *Precision Agriculture* 1(2): 217-234.

Hartz, T. K. (1994): A quick test procedure for soil nitrate-nitrogen. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25(5-6): 511-515.

Hartz, T. K., R. F. Smith, M. LeStrange, K. F. Schulbach (1993): On-farm monitoring of soil and crop nitrogen status by nitrate-selective electrode. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 24(19-20): 2607-2615.

Kmecl, V., J. Sušin, L. Zupančič-Kralj (2005): Validation of analytical methods used for determination of nitrate in soil. *Accreditation and Quality Assurance* 10(4): 172-176.

Ramos, C., A. Agut, A. L. Lidón (2002): Nitrate leaching in important crops of the Valencian Community region (Spain). *Environmental Pollution* 118(2): 215-223.

Roth, G. W., D. B. Beegle, R. H. Fox, J. D. Toth, W. P. Piekielek (1991): Development of a quicktest kit method to measure soil nitrate. *Communications in Soil Science & Plant Analysis* 22(3-4): 191-200.